

# Internet - Généralités

Nicolas Delestre et Géraldine Del Mondo

# Plan

- 1 Historique
- 2 Architecture TCP/IP
- 3 Adressage
  - Généralité
  - Masque de réseau
  - Sous réseaux
  - CIDR
- 4 Nommage

# Historique 1 / 4

- 1957 : Création de la (D)ARPA
  - *(Defense) Advanced Research Project Agency*
- 1969 Inter-connexion de quatre noeuds
  - Université de Californie UCLA
  - Institut de Recherche à Standford SRI
  - Université de Santa Barbara UCSB
  - Université de l'Utah
- 1970 : Premières publications au sujet de l'ARPANET
- 1971 : 15 Noeuds
- 1973 :
  - Inter-connexion avec l'Angleterre et la Norvège
  - Thèse de Bob Metcalfe : Ethernet

# Historique 2 / 4

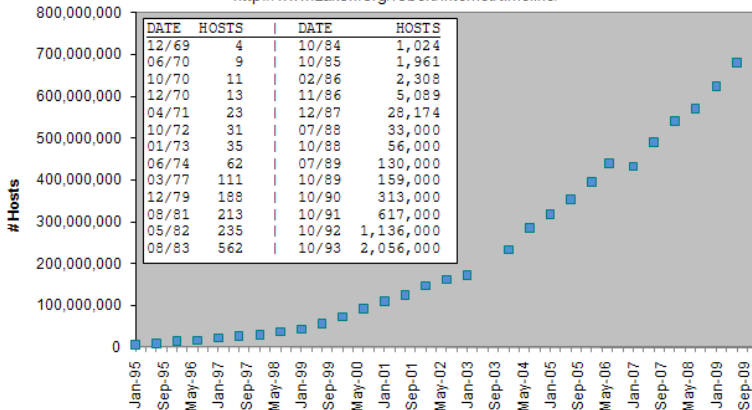
- 1974 : Vint Cerf et Bob Kahn spécifient le protocole TCP
- 1975 :
  - Première liste de diffusion
  - Première liaison satellite entre deux océans (Hawaï et Angleterre)
- 1977 :
  - Spécification du Mail
  - Apparition du Telnet
- 1979 : USENET (UUCP)
- 1980 : ARPANET se scinde en MILNET (militaire) et ARPANET (civil)
- 1981 : Minitel en France
- 1982 :
  - ARPA adopte les protocoles TCP et IP
  - Création de l'EUNet

# Historique 3 / 4

- 1983 : Université du Wisconsin - Élaboration de serveurs de Noms
- 1984 : Introduction de DNS
- 1990 : Mort de l'ARPANET (pour les militaires MILNET), place à INTERNET

## Historique 4 / 4

Hobbes' Internet Timeline Copyright ©2010 Robert H Zakon

<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>

[1]

# Architecture des protocoles TCP/IP 1 / 6

L'architecture TCP/IP est structurée en 4 couches :

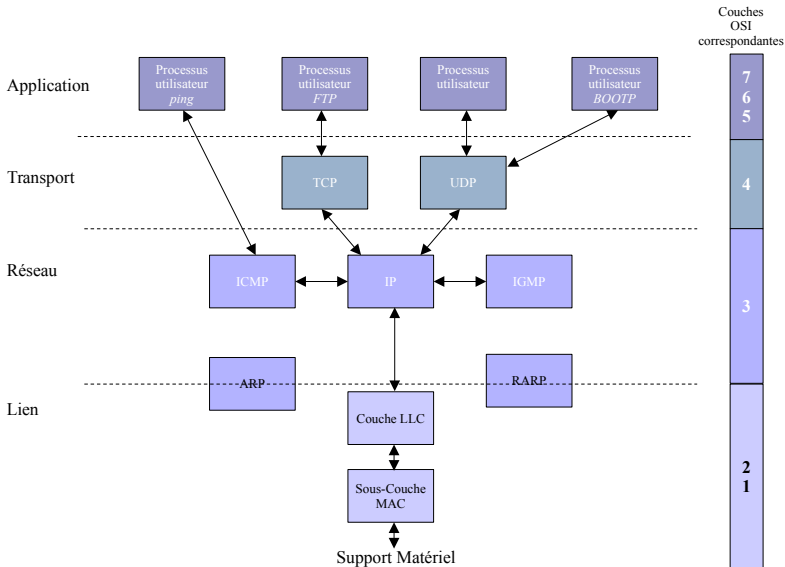
- ① La couche lien est l'interface avec le réseau, constituée :
  - d'une carte d'interface
  - d'un driver du SE (deux couches LLC et MAC)
- ② La couche réseau gère la circulation des paquets, cinq protocoles sont utilisés :
  - Internet Protocol (IP)
  - Internet Control Message Protocol (ICMP)
  - Internet Group Management Protocol (IGMP)
  - Address Request Protocol (ARP)
  - Reverse Address Request Protocol (RARP)

# Architecture des protocoles TCP/IP 2 / 6

- ③ La couche transport gère la communication de bout en bout en s'abstrayant des machines intermédiaires, deux protocoles utilisés :
  - Transport Control Protocol (TCP)
  - User Datagram Protocol (UDP)
- ④ La couche application est celle des programmes utilisateurs, tels que :
  - Telnet
  - File Transfert Protocol
  - Simple Mail Transport Protocol
  - etc.

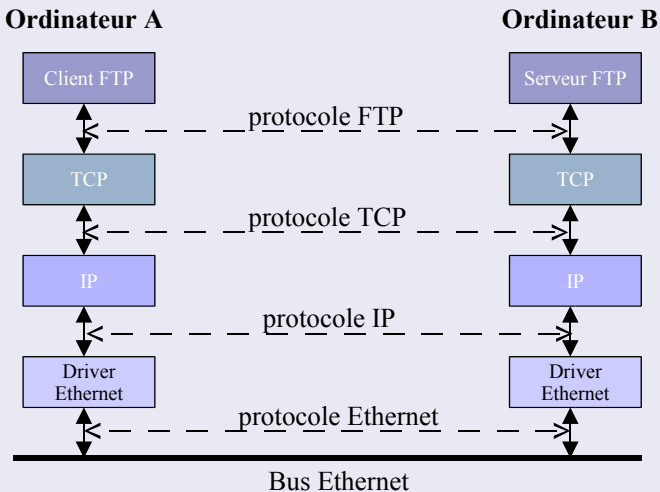


## Architecture des protocoles TCP/IP 3 / 6



## Architecture des protocoles TCP/IP 4 / 6

## Communication entre deux machines du même réseau

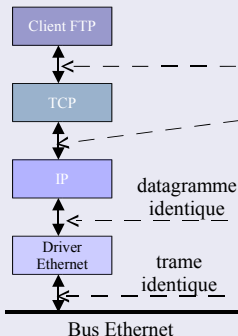


[3]

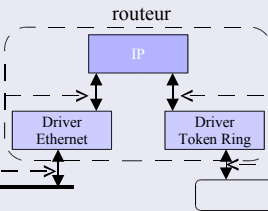
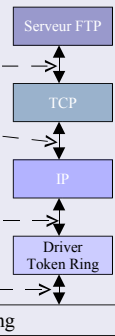
## Architecture des protocoles TCP/IP 5 / 6

## Interconnexion de deux réseaux

## Ordinateur A



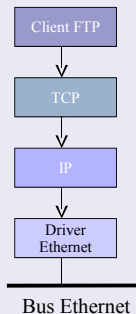
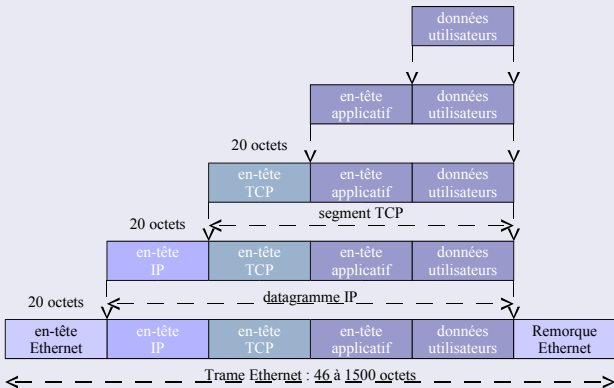
## Ordinateur B



[3]

## Architecture des protocoles TCP/IP 6 / 6

## Encapsulation des données par la pile



[3]

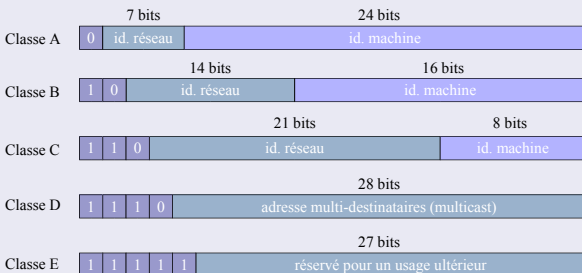
# Adressage (classful)

Chaque interface du réseau Internet dispose d'une adresse IP unique :

- codée sur 32 bits : 4 octets
  - ex : 193.49.144.1
- constituée d'une paire :
  - identifiant du réseau
  - identifiant de la machine
- appartenant à une classe (parmi 5 : A, B, C, D ou E) déterminée par la valeur du premier octet

# Les classes d'adresses 1 / 3

Classe	Plage d'adresses
A	0.0.0.0 à 127.255.255.255
B	128.0.0.0 à 191.255.255.255
C	192.0.0.0 à 223.255.255.255
D	224.0.0.0 à 239.255.255.255
E	240.0.0.0 à 247.255.255.255



[3]

# Les classes d'adresses 2 / 3

## Classe A

Utilisée pour les très grands réseaux :

- Il y en a 127
- Nb d'ordinateurs  $2^{24} - 2$
- ex : MIT, Défense américaine

## Classe B

- Il y en a  $2^{14}$  (16384)
- Nb d'ordinateurs  $2^{16} - 2$  (16777214)
- Classe la plus utilisée et adresses aujourd'hui pratiquement épuisés
- ex : Les universités américaines

# Les classes d'adresses 3 / 3

## Classe C

- Seulement 254 machines
- Mais plus de 2 millions de réseau ( $2^{21} = 2097152$ )
- ex : L'INSA de Rouen (194.254.13.0 - 194.254.19.0)

## Pratique

Pour savoir qui possède quelle ip :

- <http://www.adresseip.com/whois/index.php>



# Cas particulier des Classe D et E

## Classe D : Classe multicast

Une adresse IP correspond alors à un ensemble de machines (groupe) :

- certains groupes sont permanents :
  - 224.0.0.1 tous les hôtes d'un LAN
  - 224.0.0.2 tous les routeurs d'un LAN
- les groupes temporaires sont à créer
  - processus utilisateur

## Classe E

Réservée pour des expérimentations (<http://www.ietf.org/>)

# Quelques adresses particulières

- 0.0.0.0
  - Adresse par défaut (utilisée pour obtenir une “vraie” adresse (par ex via DHCP)
- <id réseau>.<id machine nul>
  - Le réseau
- <id réseau>.<id de machine avec tous les bits à 1>
  - Toutes les machines d'un réseau
- 255.255.255.255
  - Toutes les machines d'un même réseau
- 127.0.0.1
- Adresses privées
  - Classe A    10.0.0.0 à 10.255.255.255
  - Classe B    172.16.0.0 à 172.31.255.255
  - Classe C    192.168.0.0 à 192.168.255.255

# Notion de masque de réseau

## Exemple

Soit l'adresse IP 192.168.25.147, à quel réseau appartient-elle ?

- C'est le masque qui le détermine
- Pour l'adressage classful le masque est implicite (suivant la classe)

## Masque de réseau (de sous-réseau)

Un masque de sous-réseau est un mot de 32 bits, où les bits sont à :

- 1 en lieu et place de l'identificateur du réseau (et du sous-réseau)
- 0 en lieu et place de l'identificateur de machine

Donc par défaut le masque de sous-réseau :

- pour la classe A : 255.0.0.0
- pour la classe B : 255.255.0.0
- pour la classe C : 255.255.255.0

## Exemple (suite)

Soit l'adresse IP 192.168.25.147, à quel réseau appartient-elle ?

⇒ un masque de classe C : 255.255.255.0

→ Le réseau sur lequel se trouve l'adresse est donc 192.168.25.0

Comment le calcul est-il fait ?

ET logique entre l'adresse IP et le masque :

11000000.10101000.00011001.10010011

ET 11111111.11111111.11111111.00000000

→ 11000000.10101000.00011001.00000000

La notation 192.168.25.147/24 précise que les 24 premiers bits du masque sont à 1.

C'est le masque qui va déterminer le réseau et par conséquent le nombre de machines adressables sur ce réseau.

# Adresses et sous-réseaux 1 / 3

Le protocole IP permet de définir des adresses de sous-réseaux :

- On découpe la partie réservée à l'adresse machine, en deux parties dont la première sera un identificateur de sous-réseau
- Ceci est obtenu grâce à l'utilisation d'un masque de sous-réseau

## Exemple

le réseau 192.168.25.0 de classe C (voir premiers bits)  $\Rightarrow$  masque en /24  $\Rightarrow$  peut accueillir 256 machines - 2 = 254

si je veux 2 sous réseaux (de taille équivalente) :

11000000.10101000.00011001.00000000 : 192.168.25.0/25

11000000.10101000.00011001.10000000 : 192.168.25.128/25

# Attention !

## Exemple

le réseau 192.168.25.0/24 peut accueillir 256 machines - 2 = 254  
si je veux 2 sous réseaux (de taille équivalente) :

11000000.10101000.00011001.00000000 : 192.168.25.0/25

11000000.10101000.00011001.10000000 : 192.168.25.128/25

→ Que se passe-t-il si l'on veut envoyer un message en broadcast sur les deux sous-réseaux depuis l'extérieur ?

soit vers l'adresse 11000000.10101000.00011001.11111111

Or quel est l'adresse de broadcast vers le sous-réseaux 192.168.25.128/25 ?

→ La même !

# Attention !

## Table de routage

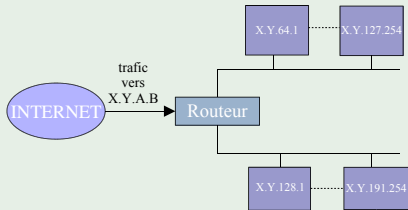
@destination	@ProchainPas
192.168.25.0	@1
192.168.25.128	@2
...	

192.168.25.255 arrive sur le routeur : il ne va pas l'interpréter comme une adresse de broadcast du réseau global mais comme l'adresse de broadcast du sous-réseau 192.168.25.128 (puisque cette entrée existe dans la table).

# Adresses et sous-réseaux 2 / 3

## Découpage d'une classe B

- Soit un réseau de classe B
  - Masque classique de sous réseau : 255.255.0.0
- Soit un découpage de ce réseau en 2 sous-réseaux :
  - Masque de sous réseau : 255.255.192.0
- Le routeur va pouvoir envoyer les paquets sur la bonne branche : Gain dans le trafic
- Inconvénient : chaque création d'un sous réseau fait perdre des adresses IP





# Adresses et sous-réseaux 3 / 3

## Découpage d'une classe C

nombre de sous-réseaux	IP dispo. / sous-réseau	masque de sous-réseau
1	254	255.255.255.000
2	62	255.255.255.192
6	30	255.255.255.224
14	14	255.255.255.240
30	6	255.255.255.248
62	2	255.255.255.252

## RFC 1878 : Recommandation de bonnes pratiques

- Broadcast vers un LAN interdit : Autorisation d'utiliser tous les sous-réseaux disponibles

# CIDR (RFC 1517, 1518, 1519 et 1520) (classless)

## Problèmes engendrés par le principe des classes

- Gaspillage d'adresses
- Problème de routage

## Objectifs

- Identifier les bits de réseau et de machine, non plus grâce à la classe (donc des 3 premiers bits) mais en fonction d'un suffixe
  - Notation : adresseIP/nb de bits pour le réseau
- Répartir les adresses IP géographiquement

# Répartition géographique

Depuis 1993 l'attribution des adresses IP est donc décentralisée :

- AfriNIC (Afrique)
- APNIC (Asie - Pacifique)
- ARIN (Amérique du Nord)
- LACNIC (Amérique Latine et Caraïbes)
- RIPE NCC (Europe)

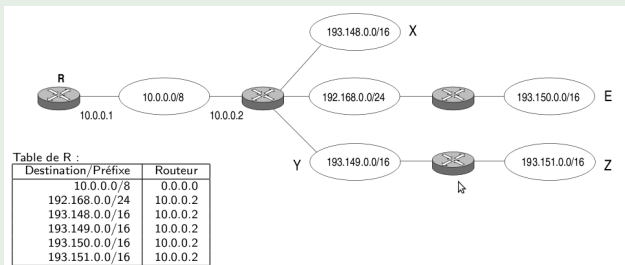
Aujourd'hui seules les adresses de classes C sont encore disponibles :

192-193	Divers (adresses déjà attribuées)
194-195	RIPE NCC
196-197	Divers
198-199	ARIN
200-201	LACNIC
202-203	APNIC
204-205	Divers

# Simplification des tables de routage

## Exemple (issu de [4])

- Soit trois entreprises (X,Y,Z et E) ayant chacun une classe C avec l'architecture réseau suivante :



- Plutôt que d'avoir 4 lignes dans sa table de routage, une seule suffit : **193.148.0.0/14**

Essayons de regrouper celles qui ont même préfixe (ici 14 premiers bits) :

193.148.0.0/16 : **11000001 10010100** 00000000 00000000

193.149.0.0/16 : **11000001 10010101** 00000000 00000000

193.150.0.0/16 : **11000001 10010110** 00000000 00000000

193.151.0.0/16 : **11000001 10010111** 00000000 00000000

192.168.0.0/24 : **11000000** 10101000 00000000 00000000

D'où la nouvelle table de routage :

10.0.0.0/8	0.0.0.0
192.168.0.0/24	10.0.0.2
193.148.0.0/14	10.0.0.2

# Agrégation de classes

## Exemple (issu de [4])

- Soit un FAI qui gère le réseau 194.24.0.0/16 :
  - Une entreprise A a besoin de 2000 adresses
    - Le FAI va lui attribuer l'adresse 192.24.8.0/21 (**192.24.00001000<sub>2</sub>.0**), soit 2048 adresses allant de 192.24.8.0 à 192.24.15.255
  - Une entreprise B a besoin de 4000 adresses
    - Le FAI va lui attribuer l'adresse 192.24.16.0/20, soit 4096 adresses allant de 192.24.16.0 à 192.24.31.255
  - Une entreprise C a besoin de 1000 adresses
    - Le FAI va lui attribuer l'adresse 192.24.4.0/22, soit 1024 adresses allant de 192.24.4.0 à 192.24.7.255

## Masque de sous réseau variable

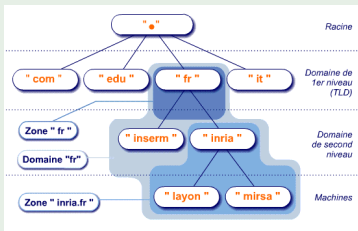
- En suivant ce même principe, il est possible d'avoir des masques de sous-réseaux différents (et donc de taille variable, VLSM)

# DNS

- Le problème avec les adresses IP est qu'il est très difficile pour un humain de les retenir :
  - Utilisation de nom de machine
  - Utilisation de bases de données distribuées qui effectuent la conversion
    - *Domain Name Servers*
- Le DNS est un espace de noms hiérarchisés, c'est-à-dire qu'il peut être représenté à l'aide d'un arbre

# Structure d'un nom

- Chaque noeud a un nom d'au maximum 63 caractères
- La racine a un nom vide
- Les Top-Level Domain (TLD) sont les domaines de premiers niveaux, divisés en deux catégories :
  - les groupes nationaux : ccTLD (country-code TLD)
  - les groupes génériques : gTLD (generic TLD)
- Ne pas confondre domaine (arborescence à partir d'un nœud donné) et zone (partie d'un domaine gérée par un serveur de nom)



[2]



# Adresse IP $\Leftrightarrow$ Nom 1 / 3

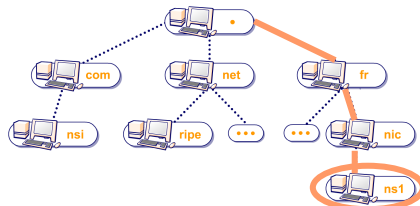
- Le mécanisme de résolution de nom en adresse IP est géré par des serveurs de noms
- Lorsqu'une machine est ajoutée à une zone, son nom et son adresse IP sont ajoutés au serveur de noms dont elle dépend

## Nom $\Rightarrow$ Adresse IP

- Un serveur de noms peut recevoir cette requête :
    - d'une machine cliente : il lui répond après avoir trouvé la réponse (requête qui correspond à sa zone ou interrogation d'autres DNS : de son domaine ou un des DNS primaires)
    - d'un autre DNS :
      - soit il possède la réponse à la requête : la réponse est l'adresse IP demandée
      - soit il ne possède pas la réponse : la réponse est l'adresse IP d'un DNS qui peut répondre
- $\Rightarrow$  Pour éviter trop de requêtes chaque serveur a une mémoire cache

Adresse IP  $\Leftrightarrow$  Nom 2 / 3

electron.nic.fr ? (nom de machine)



ns1 est le serveur de nom primaire de la zone nic.fr,  
et contient donc les informations sur les machines de la zone.



...				
toto	IN	A		192.134.4.8
electron	IN	A		192.134.4.9
www	IN	A		192.134.4.10
...				

electron.nic.fr  $\rightarrow$  192.134.4.9

D'après <http://www.afnic.fr/ext/dns/index.html>

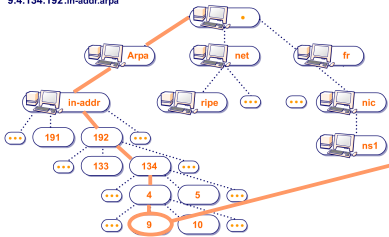
Adresse IP  $\Leftrightarrow$  Nom 3 / 3Adresse IP  $\Rightarrow$  Nom (Résolution inverse)

- Utilisation du domaine particulier in-addr.arpa (sous-domaine de arpa) :
  - Chaque octet de l'adresse IP forme un sous-domaine
  - Par exemple pour l'adresse 192.134.4.9 on obtient 9.4.134.192.in-addr.arpa (Cf.[2])

192.134.4.9 = ?

9.4.134.192.in-addr.arpa

Le DNS transforme cette adresse IP en nom de domaine.  
La zone in-addr.arpa est dédiée à cette transformation.



Ce serveur contient l'information pour la machine

192.134.9



```

...
$ORIGIN 4.134.192.in-addr.arpa.
9 IN PTR electron.nic.fr.
...

```

192.134.4.9  $\rightarrow$  electron.nic.fr.D'après <http://www.afnic.fr/ext/dns/index.html>

# Conclusion

- Internet est une inter-connexion de réseaux
- Il est composé de 4 couches :
  - 1 Lien que l'on nomme aussi réseau locaux
  - 2 Réseau
  - 3 Transport
  - 4 Applicatif
- Il est en constante évolution
  - Lien : des nouveaux supports de communication (Wifi, etc.)
  - Réseau : IPv6
  - Applicatif

# Références

- [1] Hobbes' internet timeline v8.0.  
<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>.
- [2] AFNIC.  
Auto-formation au dns.  
<http://www.afnic.fr/ext/dns/index.html>.
- [3] P. Nicolas.  
Cours de réseaux de la maîtrise de l'université d'angers.  
<http://www.info.univ-angers.fr/pub/pn> (URL morte), 2004.
- [4] C. Pain-Barre.  
Réseaux - cours 1, l'adressage hors classe par cidr.  
<http://infodoc.iut.univ-aix.fr/~cpb/index.php?page=reseaux>, 2009.
- [5] C. Servin.  
*Réseaux et Télécoms*.  
Dunod, Sciences SUP, 2003.  
ISBN 2-10-007986-7.